

PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 11-014312
 (43)Date of publication of application : 22.01.1999

(51)Int.CI. G01B 11/06
 G01J 3/28
 H01L 21/205
 H01L 21/3065

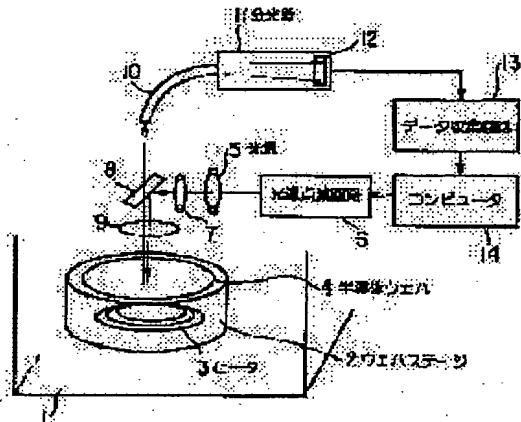
(21)Application number : 09-167285 (71)Applicant : TOSHIBA CORP
 (22)Date of filing : 24.06.1997 (72)Inventor : SASAKI KENJI
 ONO AKIRA
 SATO MASAHARU

(54) FILM DEPOSITION AND ETCHING DEVICE

(57)Abstract:

PROBLEM TO BE SOLVED: To correctly measure the film temperature and deposition amount even through the film temperature and deposition amount simultaneously vary.

SOLUTION: A true wavelength distribution data $D(\lambda)$ of only a reflected light from a surface of a semiconductor wafer 4 is found in a computer 14, based on a first wavelength distribution data obtained by resolving the wavelength of the light radiated from the surface of the semiconductor wafer 4 by a spectroscope 11, and a second wavelength distribution data obtained by resolving the wavelength of the light radiated, while putting on a light source 5, from the surface of the semiconductor wafer 4 by the spectroscope 11. The film thickness on the surface of the semiconductor wafer 4 is found, based on a result of comparison of the wavelength distribution data $D(\lambda)$ and a previously determined wavelength distribution Q and the refractive index of a film in accordance with temperature.



LEGAL STATUS

[Date of request for examination]

[Date of sending the examiner's decision of rejection]

[Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or application converted registration]

[Date of final disposal for application]

[Patent number]

[Date of registration]

[Number of appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of requesting appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of extinction of right]

(51) Int.Cl.⁶
 G 0 1 B 11/06
 G 0 1 J 3/28
 H 0 1 L 21/205
 21/3065

識別記号

F I
 G 0 1 B 11/06
 G 0 1 J 3/28
 H 0 1 L 21/205
 21/302

G
 E

審査請求 未請求 請求項の数4 O.L (全9頁)

(21)出願番号 特願平9-167285

(22)出願日 平成9年(1997)6月24日

(71)出願人 000003078

株式会社東芝
神奈川県川崎市幸区堀川町72番地

(72)発明者 佐々木 賢司

神奈川県横浜市磯子区新磯子町33番地 株式会社東芝生産技術研究所内

(72)発明者 小野 明

神奈川県横浜市磯子区新磯子町33番地 株式会社東芝生産技術研究所内

(72)発明者 佐藤 雅晴

神奈川県横浜市磯子区新磯子町33番地 株式会社東芝生産技術研究所内

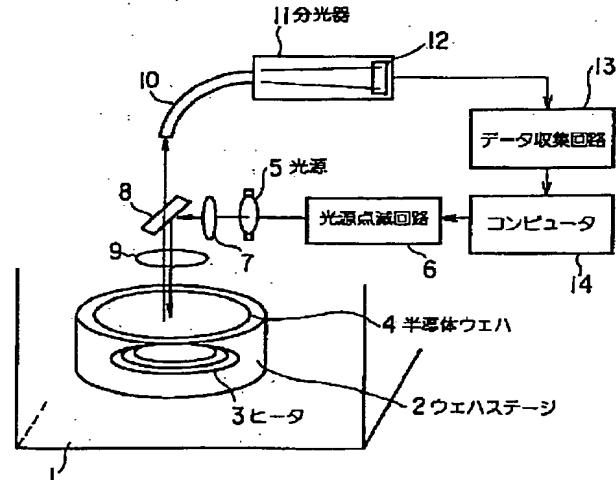
(74)代理人 弁理士 鈴江 武彦 (外6名)

(54)【発明の名称】成膜装置及びエッティング装置

(57)【要約】

【課題】本発明は、温度と成膜量とが同時に変化しても、これら温度と成膜量とを正確に測定する。

【解決手段】半導体ウエハ4の表面からの放射光を分光器1により波長分解して得られる第1の波長分布データと、光源5をオンしたときに半導体ウエハ4の表面からの反射光を分光器1により波長分解して得られる第2の波長分布データとにに基づいてコンピュータ14において半導体ウエハ4の表面からの実際の反射光のみの波長分布データD(λ)を求め、この波長分布データD(λ)と予め定められた波長分布Qとを比較するとともに膜の温度に対する屈折率に基づいて半導体ウエハ4の表面上の膜厚を求める。



1

【特許請求の範囲】

【請求項1】 チャンバ内に配置された被処理体に膜を形成する成膜装置において、前記被処理体に複数又は連続したスペクトル分布を持つ光を照射する光照射手段と、前記被処理体の表面からの放射光又は反射光を波長によって分解する分光器と、前記被処理体の表面からの放射光を前記分光器により波長分解して得られる第1の波長分布データと、前記光照射手段を点灯したときに前記被処理体の表面からの反射光を前記分光器により波長分解して得られる第2の波長分布データとに基づいて前記被処理体の表面からの反射光のみの波長分布データを求め、この波長分布データと予め定められた波長分布とを比較するとともに前記膜の温度に対する屈折率に基づいて前記被処理体表面上の膜厚を求める膜厚演算手段と、を具備したことを特徴とする成膜装置。

【請求項2】 前記膜厚演算手段は、前記膜厚演算手段により得られる反射光のみの波長分布データ又は第1の波長分布データを温度と膜厚を予め理論的又は実験的に得られる最も近いデータを検索することで前記被処理体表面上の膜厚及び温度を求める機能を有することを特徴とする請求項1記載の成膜装置。

【請求項3】 チャンバ内にマスクが表面に施された被処理体を配置し、この被処理体にエッティング処理を行うエッティング装置において、

前記マスクが表面に施された前記被処理体に所定の波長領域を持つ光を照射する光照射手段と、

前記マスクが表面に施された前記被処理体からの反射光を波長によって分解する分光器と、

前記光照射手段をオンしたときの前記分光器により波長分解された前記被処理体の表面からの反射光の波長分布データと前記マスクの屈折率に基づいて前記マスクの膜厚を求めるマスク膜厚演算手段と、

前記光照射手段をオンしたときの前記分光器により波長分解された前記被処理体の表面からの反射光の波長分布データのうちエッティング穴の径の2倍よりも小さい波長の強度変化を選択して、この波長の強度を前記マスク膜厚演算手段により求められた前記マスクの膜厚に基づいて修正し、この修正された波長の強度に基づいてエッティング終点を求めるエッティング終点演算手段と、を具備したことを特徴とするエッティング装置。

【請求項4】 前記エッティング終点演算手段は、前記光照射手段を点灯したときの前記分光器により波長分解された前記被処理体の表面からの反射光の波長分布データと前記光照射手段を消灯したときの前記分光器により波長分解された波長分布データとの差を求め、この差の波長分布データのうちエッティング穴の径の2倍よりも小さい1つ又は複数の波長の強度変化を選択して、この波長の強度を前記マスク膜厚演算手段により求められた前記

2

マスクの膜厚に基づいて修正し、この修正された波長の強度に基づいてエッティングの終点を求める機能を有することを特徴とする請求項3記載のエッティング装置。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】 本発明は、チャンバ内に配置された被処理体に膜を形成する成膜装置及びチャンバ内にマスクが表面に施された被処理体に光を照射してエッティング処理を行うエッティング装置に関する。

【0002】

【従来の技術】 例えば半導体製造装置で膜付けを行う成膜装置があるが、この成膜装置は、チャンバ内のウエハステージ上に被処理体としての半導体ウエハを載置し、チャンバ内に反応ガスを供給するとともに半導体ウエハをウエハステージ側のヒータにより加熱などして半導体ウエハの表面上に成膜を行っている。

【0003】 このような成膜装置では、成膜量の測定とともに半導体ウエハの温度測定を行っており、このうちの温度測定は、ウエハステージ内部に熱電対などのセンサを配置して行ったり、又は半導体ウエハの表面上に放射温度計を配置し、半導体ウエハの温度の上昇することによって変化する1波長或いは2波長の放射光強度を検出して行っている。

【0004】 このように半導体ウエハの温度測定を行っているものの、熱電対などのセンサを配置する方式では、半導体ウエハの表面には絶えずガス等が吹き付けられているために熱が奪われ、成膜に際して重要な半導体ウエハの表面温度を正確に測定することができない。

【0005】 又、放射温度計を配置する方式では、半導体ウエハの表面が一定状態にあれば精度の高い測定ができるが、成膜装置のような成膜量が変化する場合には、成膜される膜厚に応じて放射光が膜内で干渉をして放射光の波長分布を変化させるために温度測定ができない。

【0006】 通常の膜厚測定では、半導体ウエハから反射した光が半導体ウエハへ照射した光に比べて波長特性がどう変化したかを検出して膜厚を演算し求めるため、成膜プロセスのように数100度の高温になると、半導体ウエハからの放射光の影響が無視できなくなり、成膜量を正確に測定できない。

【0007】 一方、チャンバ内にマスクが表面に施された半導体ウエハを配置し、この半導体ウエハに光を照射してエッティング処理を行うエッティング装置では、エッティング中にある波長の光を半導体ウエハに照射し、この半導体ウエハからの反射光の変化量を検出してエッティング深さを測定している。

【0008】 この場合、エッティングをしない部分の層すなわちマスクの膜厚は一定であるとして測定を行っている。しかしながら、このようなエッティング装置では、マ

3

スクの膜厚が変化すると、正確にエッティング深さを測定できず、正しいエッティング深さ制御ができない。

【0009】

【発明が解決しようとする課題】以上のように成膜装置では、半導体ウエハの温度測定を行っているが、熱電対などのセンサを配置する方式では、半導体ウエハの表面には絶えずガス等が吹き付けられているために熱が奪われて正確に測定することができず、又、放射温度計を配置する方式では、温度と成膜量とが同時に変化する場合には、成膜される膜厚に応じて放射光が膜中で干渉を起こして放射光の波長分布を変化させるために温度測定ができない。

【0010】さらに、成膜プロセスのように数100℃の高温になると、半導体ウエハからの放射光の影響が無視できなくなり、成膜量を正確に測定できない。一方、エッティング装置では、マスクの膜厚は一定であるとしてエッティング深さの測定を行っているので、マスクの膜厚が変化すると、正しくエッティング深さを制御できない。

【0011】そこで本発明は、温度と成膜量とが同時に変化しても、これら温度と成膜量とを正確に測定できる成膜装置を提供することを目的とする。又、本発明は、マスクの膜厚が変化しても、正確にエッティング深さを測定できるエッティング装置を提供することを目的とする。

【0012】

【課題を解決するための手段】請求項1によれば、チャンバ内に配置された被処理体に膜を形成する成膜装置において、被処理体に複数又は連続したスペクトル分布を持つ光を照射する光照射手段と、被処理体の表面からの放射光又は反射光を波長によって分解する分光器と、被処理体の表面からの放射光を分光器により波長分解して得られる第1の波長分布データと、光照射手段を点灯したときに被処理体の表面からの反射光を分光器により波長分解して得られる第2の波長分布データとに基づいて被処理体の表面からの反射光のみの波長分布データを求め、この波長分布データと予め定められた波長分布とを比較するとともに膜の温度に対する屈折率に基づいて被処理体表面上の膜厚を求める膜厚演算手段と、を備えた成膜装置である。

【0013】請求項2によれば、請求項1記載の成膜装置において、膜厚演算手段は、膜厚演算手段により得られる反射光のみの波長分布データ又は第1の波長分布データを温度と膜厚を予め理論的又は実験的に得られる最も近いデータを検索することで被処理体表面上の膜厚及び温度を求める機能を有する。

【0014】請求項3によれば、チャンバ内にマスクが表面に施された被処理体を配置し、この被処理体にエッティング処理を行うエッティング装置において、マスクが表面に施された被処理体に所定の波長領域を持つ光を照射する光照射手段と、マスクが表面に施された被処理体からの反射光を波長によって分解する分光器と、光照射手

4

段をオンしたときの分光器により波長分解された被処理体の表面からの反射光の波長分布データとマスクの屈折率に基づいてマスクの膜厚を求めるマスク膜厚演算手段と、光照射手段をオンしたときの分光器により波長分解された被処理体の表面からの反射光の波長分布データのうちエッティング穴の径の2倍よりも小さい波長の強度変化を選択して、この波長の強度をマスク膜厚演算手段により求められたマスクの膜厚に基づいて修正し、この修正された波長の強度に基づいてエッティング終点を求めるエッティング終点演算手段と、を備えたエッティング装置である。

10

【0015】請求項4によれば、請求項3記載のエッティング装置において、エッティング終点演算手段は、光照射手段を点灯したときの分光器により波長分解された被処理体の表面からの反射光の波長分布データと光照射手段を消灯したときの分光器により波長分解された波長分布データとの差を求め、この差の波長分布データのうちエッティング穴の径の2倍よりも小さい1つ又は複数の波長の強度変化を選択して、この波長の強度をマスク膜厚演算手段により求められたマスクの膜厚に基づいて修正し、この修正された波長の強度に基づいてエッティングの終点を求める機能を有する。

【0016】

【発明の実施の形態】

(1) 以下、本発明の第1の実施の形態について図面を参照して説明する。図1は成膜装置の構成図である。成膜用チャンバ1内には、ウエハステージ2が設けられている。このウエハステージ2の下部には、ヒータ3が設けられ、このウエハステージ2上に載置される半導体ウエハ4を例えば700℃の高温に加熱するものとなっている。

30

【0017】一方、光照射手段を構成する光源5は、複数又は連続したスペクトル分布を持つ光を放射するもので、光源点滅回路6の動作によって点灯(オン)、消灯(オフ)するものとなっている。

【0018】この光源5から放射される光の光路上には、光源投影レンズ7を介してハーフミラー8が配置され、さらにこのハーフミラー8の反射方向に集光レンズ9が配置されている。

40

【0019】この集光レンズ9は、半導体ウエハ4の表面からの放射光を集光してハーフミラー8を通して受光用光ファイバー10の一端に入射させ、かつ光源5から放射された光を半導体ウエハ4の表面上に照射し、このときの半導体ウエハ4の表面からの反射光を集光してハーフミラー8を通して受光用光ファイバー10の一端に入射させる作用を有している。

50

【0020】受光用光ファイバー10の他端には、分光器11が設けられ、この分光器11の端部にアレイセンサ12が備えられている。この分光器11は、半導体ウエハ4の表面からの放射光又は反射光を波長によって分

5

解し、その分解した光をアレイセンサ12に導くものとなっている。

【0021】このアレイセンサ12は、複数のセンサを配列したもので、分光器11で波長によって分解された光を受光し、各センサ毎にある波長幅の光強度の積分値に応じた出力を得る機能を有している。

【0022】このアレイセンサ12の出力端子には、データ収集回路13を介してコンピュータ14に接続され、アレイセンサ12の出力がデータ収集回路13によりA/D変換されて波長分布データとしてコンピュータ14に送られるようになっている。

【0023】このコンピュータ14は、膜厚演算手段としての機能を有するもので、成膜開始前に光源5をオフさせたときに半導体ウエハ4の表面からの放射光を分光器11により波長分解して得られる第1の波長分布データA₁(λ)と、光源5をオンしたときに半導体ウエハ4の表面からの反射光を分光器11により波長分解して得

$$D(\lambda) = C(\lambda) - A(\lambda)$$

を演算し求める機能を有している。

【0025】又、コンピュータ14は、予め膜の屈折率と膜厚によって定められた波長分布データQ₁(λ)、すなわち図2に示すように膜構成モデルから求められる複数の理論値、例えば各膜厚(d₁、d₂、…、d_n)に応じた各理論値Q₁(λ)、Q₂(λ)、…、Q_n(λ)を予め記憶し、実際の反射光のみの波長分布データQ₁(λ)に対して誤差が少なく最も近い理論値Q_i(λ)を検索して(フィッティングして)半導体ウエハ4の表面上に成膜される膜厚D_iを求める機能を有している。

【0026】又、コンピュータ14は、半導体ウエハ4の表面上の膜厚を求め、所望の膜厚に達したときに成膜をストップさせる機能を有している。次に上記の如く構成された装置の作用について説明する。

【0027】半導体ウエハ4は、ウエハステージ2上に載置され、ヒータ3の加熱により昇温されている。先ず、光源5は、コンピュータ14の光源点滅回路6に対する制御によりオフする。

【0028】この状態に、半導体ウエハ4の表面からの放射光は、集光レンズ9により集光され、ハーフミラー8を透過して受光用光ファイバー10の一端に入射し、この受光用光ファイバー10により分光器11に導かれる。

【0029】この分光器11は、半導体ウエハ4の表面からの放射光を波長によって分解し、その分解した光をアレイセンサ12に導く。このアレイセンサ12は、分光器11で波長によって分解された光を受光し、各センサ毎にある波長幅の光強度の積分値に応じた出力を得る。

【0030】このアレイセンサ12の出力は、データ収

10 10 *られる第2の波長分布データC₁(λ)に基づいて半導体ウエハ4の表面からの実際の反射光のみの波長分布データD₁(λ)を求める。そして、成膜中に、同様にA₁(λ)とC₁(λ)からD₁(λ)を求める。この波長分布データD₁(λ)からD₁(λ)への変調分が成膜された膜厚に依存する関数Q₁(λ)となる。よって、この波長分布データQ₁(λ)と予め定められた波長分布データQ₁(λ)とを比較することで、半導体ウエハ4の表面上に成膜される膜の温度に対する屈折率に基づいて半導体ウエハ4の表面上に成膜される膜厚を求める機能を有している。

【0024】すなわち、コンピュータ14は、光源5をオンしたときに得られる第2の波長分布データC₁(λ)には、光源5をオフしたときの第1の波長分布データA₁(λ)の情報が含まれているので、第1の波長分布データA₁(λ)と第2の波長分布データC₁(λ)と用いて実際の反射光のみの波長分布データD₁(λ)、

… (1)

20 20 集回路13によりA/D変換されて波長分布データとしてコンピュータ14に送られる。このコンピュータ14は、データ収集回路13によりA/D変換された波長分布データ、すなわち光源5をオフさせたときに半導体ウエハ4の表面からの放射光の第1の波長分布データA₁(λ)を取り込んでメモリに記憶する。

【0031】次に、光源5がコンピュータ14の光源点滅回路6に対する制御によりオンする。この光源5から放射された光は、光源投影レンズ7からハーフミラー8、集光レンズ9を通して半導体ウエハ4の表面に照射される。

【0032】この半導体ウエハ4の表面からの反射光は、集光レンズ9により集光され、ハーフミラー8を透過して受光用光ファイバー10の一端に入射し、この受光用光ファイバー10により分光器11に導かれる。

【0033】この分光器11は、半導体ウエハ4の表面からの反射光を波長によって分解し、その分解した光をアレイセンサ12に導く。このアレイセンサ12は、分光器11で波長によって分解された光を受光し、各センサ毎にある波長幅の光強度の積分値に応じた出力を得る。

【0034】このアレイセンサ12の出力は、データ収集回路13によりA/D変換されて波長分布データとしてコンピュータ14に送られる。このコンピュータ14は、データ収集回路13によりA/D変換された波長分布データ、すなわち光源5をオンさせたときに半導体ウエハ4の表面からの反射光の第2の波長分布データC₁(λ)を取り込んでメモリに記憶する。

【0035】これ以後、半導体ウエハ4の表面への成膜中に、光源5を繰り返しオフ、オンしたときの第1の波長分布データA₁(λ)と第2の波長分布データC₁(λ)

とを順次メモリに記憶していく。

【0036】このように半導体ウエハ4の表面からの放射光の第1の波長分布データA(λ)と光源5をオンさせたときに半導体ウエハ4の表面からの反射光の第2の波長分布データC(λ)を取り込むと、コンピュータ14は、これら第1の波長分布データA(λ)と第2の波長分布データC(λ)と上記式(1)に従って演算し、実際の反射光のみの波長分布データD(λ)を求める。

【0037】次に、コンピュータ14は、予め記憶している複数の理論値、例えば図2に示す膜の屈折率ごとの各膜厚に応じた各理論値f(s1)、f(s2)、…を読み出し、実際の反射光のみの波長分布データD(λ)に対して誤差が少なく最も近い理論値f(s1)、f(s2)、…にフィッティングして半導体ウエハ4の表面上の膜厚を求める。

【0038】ところで、上記半導体ウエハ4の表面からの放射光の第1の波長分布データA(λ)は、放射光の波長分布で温度の関数であるが、半導体ウエハ4が成膜されている途中では、膜による多重干渉の影響が生じるので、膜厚の関数にもなる。

【0039】従って、コンピュータ14は、実際の反射光のみの波長分布データD(λ)及び第1の波長分布データA(λ)を同時に温度と膜厚の関係でフィッティングをかけて単独に半導体ウエハ4の温度と半導体ウエハ4の表面上の膜厚を求める。

【0040】このように半導体ウエハ4の表面上の膜厚を求め、この膜厚が所望の膜厚に達すると、コンピュータ14は、成膜をストップさせる。このように上記第1の実施の形態においては、半導体ウエハ4の表面からの放射光を分光器1により波長分解して得られる第1の波長分布データと、光源5をオンしたときに半導体ウエハ4の表面からの反射光を分光器11により波長分解して得られる第2の波長分布データに基づいて半導体ウエハ4の表面からの実際の反射光のみの波長分布データD(λ)を求め、この波長分布データD(λ)と予め定められた波長分布Qとを比較するとともに膜の温度に対する屈折率に基づいて半導体ウエハ4の表面上の膜厚を求めるので、半導体ウエハ4の表面への成膜中に、半導体ウエハ4の温度と成膜量とが同時に変化しても、これら温度と成膜量とを高精度に測定できる。

【0041】又、半導体ウエハ4の表面に成膜される膜厚が所望の膜厚に達してエンドポイントに達すると、このときに半導体ウエハ4の表面への成膜をストップさせることができ、かつ半導体ウエハ4の表面への成膜中に精度の高い温度コントロールができる。

【0042】なお、上記第1の実施の形態は次の通り変形してもよい。例えば、半導体ウエハ4に対して複数の測定点で測定する場合には、図3に示すように光源5から放射された光を照明分割用光ファイバー15により複数の光路に分割して半導体ウエハ4に照射する。

【0043】この半導体ウエハ4における各測定点からの各反射光をそれぞれ各受光用光ファイバー16、17により各分光器18、19に導く。そして、コンピュータ14は、上記同様に、半導体ウエハ4の各測定点からの放射光を各分光器18、19により波長分解して得られる各第1の波長分布データA(λ)と、光源5をオンしたときの半導体ウエハ4の各測定点からの各反射光の第2の波長分布データC(λ)に基づいて半導体ウエハ4の各測定点での膜厚を求めるものとなる。

【0044】又、光源5を点滅させるには、チョッパなどのメカニカルな機構を用いてもよい。

(2) 以下、本発明の第2の実施の形態について図面を参照して説明する。

【0045】図4はエッチング装置の構成図である。エッチングチャンバ20内には、半導体ウエハ21が配置され、かつエッチングガスが供給されることにより、半導体ウエハ21に対するエッチング処理が行われるようになっている。又、このエッチングチャンバ20の上部にチャンバ窓22が形成されている。

【0046】一方、光照射手段を構成する光源23は、所定の波長領域の波長分布F(λ)を持つ、例えば紫外光から可視光線領域の光を放射するもので、光源点滅回路24の動作によって点灯(オン)、消灯(オフ)するものとなっている。

【0047】この光源23から放射される光の光路上には、光源投影レンズ25を介してハーフミラー26が配置され、さらにこのハーフミラー26の反射方向がチャンバ窓22を通して半導体ウエハ21の方向に向いている。

【0048】このうちハーフミラー26は、光源23から放射された光を半導体ウエハ21の表面上に照射し、このときの半導体ウエハ21の表面からの反射光を透過して受光用光ファイバー27の一端に入射させる作用を有している。

【0049】この受光用光ファイバー27の他端には、分光器28が設けられ、この分光器28の端部にアレイセンサ29が備えられている。この分光器28は、半導体ウエハ21の表面からの反射光を波長によって分解し、その分解した光をアレイセンサ29に導くものとなっている。

【0050】このアレイセンサ29は、複数のセンサを配列したもので、分光器28で波長によって分解された光を受光し、各センサ毎にある波長幅の光強度の積分値に応じた出力を得る機能を有している。

【0051】このアレイセンサ29では、順番にデータを蓄積していく、データを転送する。このため、1ラインのデータの取り込み時間は、最低クロック周期×アレイ数が必要となる。エッチング速度が早く、ラインスキヤンをすると間に合わないときは、紫外領域のみの信号を取り込んで、アレイセンサドライブ回路にリセットを

かける。マスクの膜厚を測定するときだけ、アレイセンサ29の全体からデータを読み込むものとなる。

【0052】このアレイセンサ29の出力端子には、データ収集回路30を介してコンピュータ31に接続され、アレイセンサ29の出力がデータ収集回路30によりA/D変換されて波長分布データとしてコンピュータ31に送られるようになっている。

【0053】このコンピュータ31は、光源23をオンしたときの分光器28により波長分解された半導体ウエハ21の表面からの反射光の波長分布データと半導体ウエハ21の表面上に形成されるマスクの屈折率とにに基づ*

$$T(\lambda) = G(\lambda) / H(\lambda)$$

回折限界の理論からエッチングしようとするエッチング

$$\lambda > \lambda_3 = 2p$$

以上の光はエッチング穴には侵入しない。

【0056】上記波長分布データT(λ)は、理論的に数式化できるので、予めマスクの膜厚に対応した波長分※

$$\lambda > > \lambda_3$$

において最も実測値の波長分布データT(λ)に近い波長分布データT'(λ, th)を示すマスクの膜厚tをマスク膜厚として選択する。

【0057】最も近い理論的な波長分布データT'(λ, th)を選ぶには、例えば、

$$|T(\lambda) - T'(\lambda, th)|$$

の二乗和が最小になるthを選択するものとなる。

【0058】一方、エッチング終点演算部33は、光源23をオンしたときの分光器28により波長分解された半導体ウエハ21の表面からの反射光の波長分布データ

(図5)のうちエッチング穴の径pの2倍よりも小さい波長の強度変化を選択して、この波長の強度をマスク膜厚演算部32により求められたマスクの膜厚に基づいて☆

$$I_1 = A_1 + B_1 \cos(4\pi t v_e / \lambda_1 + C_1) \\ = A_1 + B_1 \cos(4\pi d / \lambda_1 + C_1)$$

ここで、v_eはエッチング速度であり、A, B, Cはマスク膜厚と既知のマスク材の屈折率、半導体ウエハ21の屈折率で規定される定数である。

【0062】この光強度I₁の実測カーブからA, B, ☆

$$I_2 = A_2 + B_2 \cos(4\pi t v_e / \lambda_2 + C_2) \\ = A_2 + B_2 \cos(4\pi d / \lambda_2 + C_2)$$

となって、これら2種類の波長λ₁、λ₂の各強度から平均化されたエッチング終点の光強度が得られ、信頼性を向上できる。さらに、波長の数を増やせば信頼性は向上する。◆

$$I = A + B \cos(4\pi n t v_e / \lambda) + C \cos(4\pi t v_e / \lambda) \\ + D \cos(4\pi t (n v_e - v_e) / \lambda) \quad \dots(7) \\ = A + B \cos(4\pi n d / \lambda) + C \cos(4\pi d / \lambda) \\ + D \cos(4\pi (n d - d) / \lambda) \quad \dots(8)$$

v_tはマスクがエッチングされる速度で、nはマスクの屈折率である。

【0064】この関係からエッチング終点を決めるの

*いてマスクの膜厚を求めるマスク膜厚演算部32の機能を有している。

【0054】すなわち、このマスク膜厚演算部32は、光源5をオンさせたときに半導体ウエハ4の表面からの反射光を分光器11により波長分解して得られる図5に示すような波長分布データG(λ)を取り込み、予め測定されて記憶されている半導体ウエハ21の反射スペクトルH(λ)を読み出し、これら波長分布データG(λ)と反射スペクトルH(λ)からマスクでの繰り返し反射干渉による波長分布データT(λ)を求める。

【0055】

$$\dots(2)$$

穴の径がpの開口であれば、図5に示すような、

$$\dots(3)$$

※布データT(λ)を記憶しておき、例えばマスクの膜厚がt_hのときの波長分布データT(λ)をT'(λ, t_h)とおくと、

$$\dots(4)$$

☆修正し、この修正された波長の強度に基づいてエッチング終点を求める機能を有している。

【0059】すなわち、半導体ウエハ21に対するエッチングが進むにつれて、図5に示すように波長λ₃以下の光は、エッチング部底面とマスク面、マスクと半導体ウエハ境界面からの各反射光同士の干渉で変調される。

【0060】例えば、分光器28の波長のうちエッチング穴の径pの2倍よりも小さい波長の光、例えば波長λ₁の光を選択すると、この光の強度の時間変化は図6に示すように正弦波状になる。

【0061】エッチング深さをdとすると、ある時間t₃₀での光強度I₁は、次式で表される。

$$I_1 = A_1 + B_1 \cos(4\pi t v_e / \lambda_1 + C_1)$$

$$\dots(5)$$

☆Cを決めて目標のエッチング深差dからエッチング終点の光強度I₁が決定される。又、波長λ₃以下の光のもう1つの波長λ₂を選択すると、

40 ◆【0063】ところで、マスク膜厚t_hが変化するとき、マスク内の繰り返し反射を無視すると、上記式(5)は次式のように表される。

$$I = A + B \cos(4\pi n t v_e / \lambda) + C \cos(4\pi t v_e / \lambda) \quad \dots(7)$$

$$+ D \cos(4\pi t (n v_e - v_e) / \lambda) \quad \dots(8)$$

$$= A + B \cos(4\pi n d / \lambda) + C \cos(4\pi d / \lambda) \quad \dots(8)$$

$$+ D \cos(4\pi (n d - d) / \lambda) \quad \dots(8)$$

は、例えば上記式(7)の信号から第2項の周波数のみ取り出すフィルタをかける。このとき、おおよそ、エッチング速度v_eは、実験的にわかるので、目標深さd_e =

11

$t_0 \cdot v_0$ となる t_0 近傍で $4\pi \cdot d_0 / \lambda$ となるコサイン (\cos) の位相で終点を決める。そのピークの大きさから定数 A, B, C, D が決定され、上記式(8) からエッチングを停止する光の強度 I が決定される。ここでも上記同様に、波長の数を増やして信頼性を向上できる。

【0065】従って、エッチング終点演算部 33 は、このように決定された光強度 I になったときにエッチング終点を検出し、エッチングを終了させる信号を送出する機能を有している。

【0066】又、エッチング終点演算部 33 は、光源 23 をオンしたときの分光器 28 により波長分解された半導体ウエハ 21 の表面からの反射光の波長分布データと光源 23 をオフしたときの分光器 28 により波長分解された波長分布データとの差を求め、この差の波長分布データに基づいて上記同様にエッチングの終点を求める機能を有している。

【0067】すなわち、エッチングチャンバ 20 内にプラズマ等が発生していると、分光器 28 にとってノイズ源となる。ただ、このノイズは時間的変化が遅いので、光源 23 を点滅させることにより、アレイセンサ 29 の光蓄積時間を同じにして、上記の通り光源 23 をオンした後に波長分布データを取り、この直後に光源 23 をオフした後に波長分布データを取り、これらの波長分布データの差をとることによりノイズとしてのバックグラウンドの影響をなくすものである。

【0068】次に上記の如く構成された装置の作用について説明する。半導体ウエハ 21 は、エッチングチャンバ 20 内に載置され、このエッチングチャンバ 20 内においてエッチングガスが供給されるとともにプラズマ発生により、エッチング処理される。

【0069】光源 23 は、コンピュータ 31 の光源点滅回路 24 に対する制御によりオン・オフする。光源 23 がオンしたとき、この光源 23 から放射された光は、光源投影レンズ 25 を通してハーフミラー 26 で反射し、チャンバ窓 22 を通して半導体ウエハ 21 の表面に照射される。

【0070】ここで、回折限界の理論からエッチングしようとするエッチング穴の径が p の開口であれば、上記式(3) 及び図 5 に示すようにエッチング穴の径 p の 2 倍以上の波長の光はエッチング穴には侵入しない。

【0071】又、エッチング穴の径 p の 2 倍以下の波長、例えば図 5 に示す各波長 λ_1 、 λ_2 の光はエッチング穴に侵入する。そこで、半導体ウエハ 21 の表面からの反射光は、ハーフミラー 26 を透過して受光用光ファイバー 27 の一端に入射し、分光器 28 に導かれる。

【0072】この分光器 28 は、半導体ウエハ 21 の表面からの反射光を波長によって分解し、その分解した光をアレイセンサ 29 に導く。なお、このアレイセンサ 29 は、分光器 28 で波長によって分解された光を受光

12

し、各センサ毎にある波長幅の光強度の積分値に応じた出力を得る。そして、このアレイセンサ 29 の出力信号は、データ収集回路 30 を介してコンピュータ 31 に送られる。

【0073】このコンピュータ 31 のマスク膜厚演算部 32 は、光源 5 をオンさせたときに半導体ウエハ 4 の表面からの反射光を分光器 11 により波長分解して得られる図 5 に示すような波長分布データ $G(\lambda)$ を取り込み、予め測定されて記憶されている半導体ウエハ 21 の反射スペクトル $H(\lambda)$ を読み出し、これら波長分布データ $G(\lambda)$ と反射スペクトル $H(\lambda)$ からマスクでの繰り返し反射干渉による上記式(2) に示す波長分布データ $T(\lambda)$ を求める。

【0074】次に、マスク膜厚演算部 32 は、予めマスクの膜厚に対応した波長分布データ $T(\lambda)$ を読み出し、例えばマスクの膜厚が t_h のときの波長分布データ $T(\lambda)$ を $T'(\lambda, t_h)$ とおくと、 $\lambda > \lambda_3$ において最も実測値の波長分布データ $T(\lambda)$ に近い波長分布データ $T'(\lambda, t_h)$ を示すマスクの膜厚 t をマスク膜厚として選択する。

【0075】最も近い理論的な波長分布データ $T'(\lambda, t_h)$ を選ぶには、例えば、
 $|T(\lambda) - T'(\lambda, t_h)|$
 の二乗和が最小になる t_h を選択する。

【0076】一方、エッチング終点演算部 33 は、光源 23 をオンしたときの分光器 28 により波長分解された半導体ウエハ 21 の表面からの反射光の波長分布データ、すなわち図 5 に示す波長分布データのうちエッチング穴の径 p の 2 倍よりも小さい波長 λ_1 、 λ_2 の強度変化を選択して、これら波長 λ_1 、 λ_2 の強度をマスク膜厚演算部 32 により求められたマスクの膜厚に基づいて修正し、この修正された波長の強度に基づいてエッチング終点を求める。

【0077】すなわち、マスク膜厚 t_h が変化するとき、マスク内での繰り返し反射を無視すると、光の強度は、上記式(7) 及び(8) のように表されるので、これらの関係からエッチング終点は、式(7) の信号をリアルタイムでフーリエ変換してそれぞれのコサインの項で 3 つのピークから第 3 項の周波数を求め、そのピークが式(7) のどの項に当たるのか確認してそのピークの大きさから定数 A, B, C, D を決定し、上記式(8) からエッチングを停止する光の強度 I が決定されている。

【0078】従って、エッチング終点演算部 33 は、この決定された光強度 I になったときにエッチング終点を検出し、エッチングを終了させる信号を送出する。又、エッチング終点演算部 33 は、光源 23 をオンしたときの半導体ウエハ 21 の表面からの反射光の波長分布データと光源 23 をオフしたときの同波長分布データとの差を求める、この差の波長分布データに基づいてエッチングの終点を求める、プラズマ発生によるノイズ等のバックグ

13

ラウンドの影響をなくしている。

【0079】このように上記第2の実施の形態においては、光源23をオンさせて半導体ウエハ21からの反射光を波長によって分解して波長分布データを得、この波長分布データとマスクの屈折率とにに基づいてマスクの膜厚を求め、かつ上記波長分布データのうちエッチング穴の径の2倍よりも小さい波長の強度変化を選択し、この波長の強度をマスクの膜厚に基づいて修正し、この修正された波長の強度に基づいてエッチング終点を求めるので、半導体ウエハ21のエッチング処理中にマスクの膜厚が変化しても、正確にエッチング深さを測定できる。

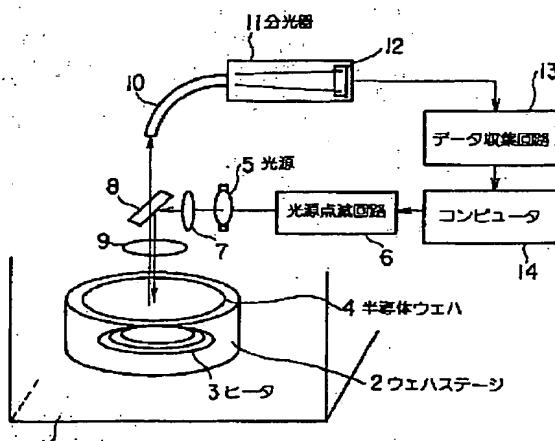
【0080】又、エッチングチャンバ20内に発生するプラズマ発生がノイズとしてエッチング深差の測定に影響を与えることがない。なお、上記第2の実施の形態は次の通り変形してもよい。

【0081】例えば、半導体ウエハ21に対して複数の測定点で測定する場合には、上記図3に示すのと同様に、光源23から放射された光を照明分割用光ファイバーにより複数の光路に分割して半導体ウエハ21に照射するようにしてもよい。又、光源23を点滅させるには、チップなどのメカニカルな機構を用いてもよい。

【0082】

【発明の効果】以上詳記したように本発明の請求項1、2によれば、温度と成膜量とが同時に変化しても、これら温度と成膜量とを正確に測定できる成膜装置を提供できる。又、本発明の請求項3、4によれば、マスクの膜厚が変化しても、正確にエッチング深さを測定できるエッチング装置を提供できる。

【図1】



(8) 14

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明に係わる成膜装置の第1の実施の形態を示す構成図。

【図2】半導体ウエハの表面上に膜厚をフィッティングして求めるときの理論値を示す図。

【図3】複数の測定点での膜厚測定を行う場合の構成図。

【図4】本発明に係わるエッチング装置の第2の実施の形態を示す構成図。

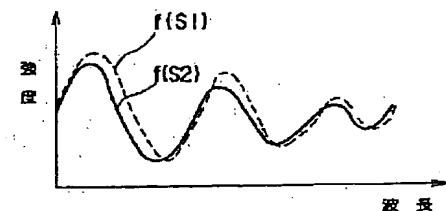
【図5】半導体ウエハ表面からの反射光を波長分解して得られる波長分布データを示す図。

【図6】半導体ウエハからの各反射光同士の干渉の強度の時間変化を示す図。

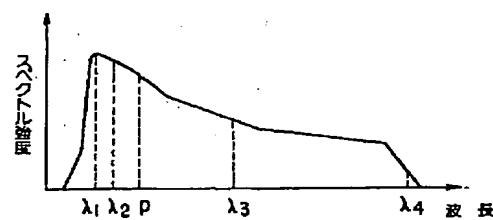
【符号の説明】

- 1…成膜用チャンバ、
- 2…ウエハステージ、
- 3…ヒータ、
- 4, 21…半導体ウエハ、
- 5, 23…光源、
- 7, 25…光源投影レンズ、
- 8, 26…ハーフミラー、
- 9…集光レンズ、
- 11, 28…分光器、
- 12, 29…アレイセンサ、
- 14, 31…コンピュータ、
- 20…エッチングチャンバ、
- 32…マスク膜厚演算部、
- 33…エッチング終点演算部。

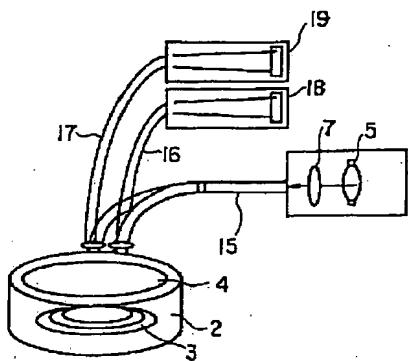
【図2】



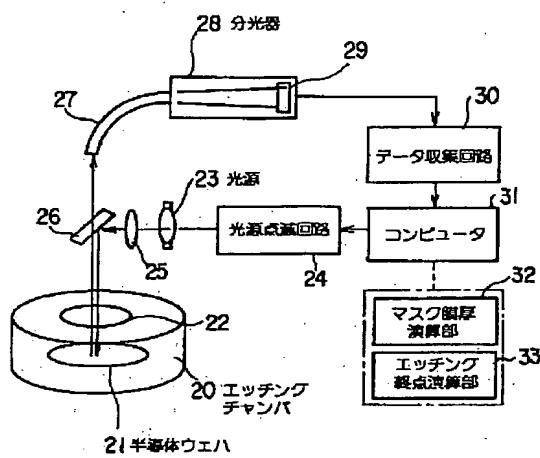
【図5】



【図3】



【図4】



【図6】

